

隧道浅埋段施工技术探讨

于珍学 莫 冲

中交一公局第一工程有限公司 北京 102205

摘 要: 宿松 S249 项目曹家冲 2 号隧道左线 ZK3+569-ZK3+587 段埋深约 6.3-9.6m, 右线 K3+559-K3+579 隧道埋深约 4.2-7.8m, 隧道浅埋段围岩稳定性较差, 通过地表注浆加固和 T76L 超前自进式锚杆 + 超前小导管等超前支护措施施工, 取得了不错的效果。

关键词: 浅埋段; 表面注浆; 自进式锚杆; 超前小导管

1. 引言

因为隧道浅埋段埋藏较浅, 围岩稳定性差, 所以施工中容易出现掉块、垮塌、冒顶等现象, 所以施工过程中采取怎样的施工辅助措施保证隧道浅埋段安全施工完成就变得尤为关键

文章结合宿松 S249 项目曹家冲 2 号隧道工程实例, 对地表注浆加固方式 + 超前自进式锚杆 + 超前小导管等支护方式, 结合曹家冲 2 号隧道工程, 对后续隧道浅埋段施工具有借鉴意义。

2. 工程概况

2.1 隧道概况

曹家冲 2 号隧道左线 ZK3+569-ZK3+587 设计标高 84.14-83.85m, 地面高程 98.3-101.5m, 隧道埋设深度约 6.3-9.6m, 右线 K3+559-K3+579 设计标高 84.55m-84.24m。地面高程 96.5m-100.3m, 隧道埋藏深度 4.2-7.8m, 围岩自地表向下依次为碎石土和全风化炭质泥岩, 隧道埋藏深度较浅, 岩体破碎, 受 F31 断层影响, 围岩稳定性较差。暗洞施工极易发生对围岩造成较大扰动的冒顶、坍塌等危险。

3. 施工方案及工艺

3.1 超前支护技术

隧道工程施工过程中的关键就是隧道超前支护, 该隧道浅埋段超前支护措施为超前小导管 + T76L 自进式锚杆。

3.1.1 超前小导管施工

超前的小导管采用外径 42mm、壁厚 4mm、长 350-400mm 的热轧无缝钢花管 (IV 级围岩 3.5m、V 级围岩 4m), 钢管前端加工成圆锥形, 尾焊 $\Phi 6$ 钢筋加固箍, 管壁四周钻孔 $\Phi 6$ mm 注浆孔。

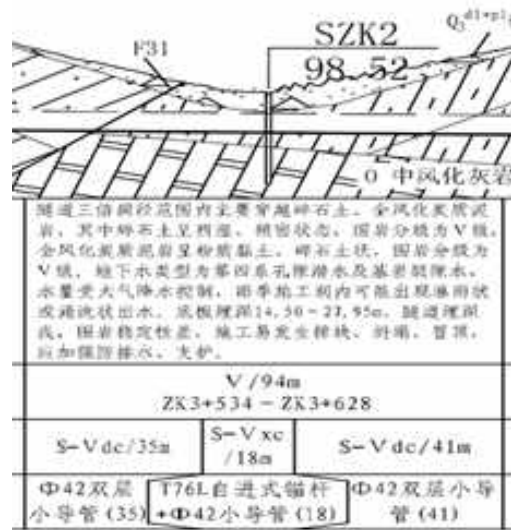


图 1 浅埋段纵断面图

钢花管环向间距 40cm, 纵向间距 200-240cm (IV 级围岩 2m, V 级围岩 2.4m), 外插角控制在 10-15° 左右, 设置在衬砌拱面约 120° 范围内。对于双层超前小导管, 外层小导管的外插角控制在 30° 左右, 这样的小导管, 外层小导管的外插角控制在 30° 左右。

施工工艺及操作重点

下料: 将钢管裁成 3.5 或 4m/ 根。

尖头加工: 利用小导管尖头加工机, 将小导管前端 5cm 处加工成圆锥形。

钻孔法: 用台式钻床在管道前端打注浆材料钻孔, 并用红色喷漆在切钢管上标出孔位, 孔位梅花式布置, 口径为 6mm, 钻孔距离为 15cm, 在尾端还留有 1.05m 的止浆段。打孔后清理铁屑, 将打孔毛刺的注浆磨平即可。

加强箍焊接：将加强箍焊接在小导管的尾部，以防止小导管的尾端在施工时发生变形。

成品存放：验收合格后，在成品区统一码放、统一转运、统一存放。储存和搬运过程中应防止潮湿的环境，以避免腐蚀、污染和变质。

施工准备：挖掘台车移至掌面，垫牢支撑。超前小导管运送至现场后，对小导管进行检验，符合要求允许施工。试运行施工设备（潜孔钻、电焊机、压浆剂），检查设备运转是否正常。

孔位放样：由测量队对孔位进行精确测量和放射，并用红漆标注孔位放射孔位。孔位间距 40cm。

钻孔：采用潜孔钻成孔，钻头直径 50mm，打设角度 $10^{\circ} - 15^{\circ}$ ，采用双层小导管时，另一层打设角度 30° 。钻进过程中要随时检查孔位打设角度，严格控制外插角角度。

清孔：潜孔钻杆与钻头配合来回扫孔，将浮渣清理至孔内，并将孔内石渣残余岩粉等利用高压风进行清理，待孔经检查合格后，再进行下一道工序作业。

小导管布置：超前小导管由钢梁腹部的小孔中穿过，再将小导管装入孔内，外漏约 15cm，在末端处与钢梁连接，与钢梁一起构成支护整体结构，并通过高压风机将小管道砂石全部刮出，施工过程依次从上往下进行。

围堵气孔：用塑胶泥封住气孔及周边裂缝，留有排气孔。为防止作业面垮塌，必要时在小导管附近和作业面喷施混凝土。

注浆：注浆前先进行压水试验，检查装置是否正常，管路接驳是否完好，注浆前先进行压水试验，注浆后再注浆。超前小导管注浆采用水泥单浆液，地下水较大时采用水泥-水玻璃双浆液，注浆压力为 0.5MPa-1MPa，水泥浆水灰比为 1:1，水泥浆与水玻璃体积比为 1:0.5，现场测试可适当调整注浆参数。

3.1.2 超前自进式锚杆施工

T76L 超前自进式锚杆适用于土质浅埋段以及断层破碎带地段，锚杆直径为 $\Phi 76\text{mm}$ ，壁厚 10mm，长 15m。钢管环向间距 35cm，纵距 1.2m，外插角控制在 $3^{\circ}-5^{\circ}$ 左右，壁厚不小于 10mm，拱架上焊接尾端，纵向连接至少要安装 2.5m 的每排自进式锚杆。高级自进式锚杆参数如下：

表 1 T76L 自进式锚杆参数

型号	T76L 自进式锚杆	备注
极限抗拉力	1200KN	
屈服力	1000KN	
延伸率	不小于 6%	
锚杆壁厚	10mm	
锚杆重量	11.5kg/m	
垫板规格	150mm*150mm*8mm	

施工工艺及操作重点：

放线：根据设计的环向间距，沿拱形设计开挖轮廓线对锚索位置进行标记。

锚杆连接：检查是否有异物堵塞锚杆和钻头的水孔，如有则进行清理。接钻头、锚杆，接钻杆接套筒、凿岩机（风炮），接锚杆、钻杆接套筒。

钻孔：锚杆对准设计好的锚孔位置，在钻孔前将风或水送到凿岩机上。钻进容易堵塞钻头水孔的软岩，掉头多，冲击少，所以钻进的速度要慢一些。

打孔：水、高压风在达到设计深度后冲洗小孔，测试孔是否畅通，再将锚杆外露孔长 10cm-15cm 接套管的钻杆卸下。

锚杆连接：帽装配套通过锚杆外露端，向孔口约 30cm 处打入孔帽即止浆塞。套在孔内的锚杆再与另一根锚杆连接，当锚杆需要加长时，再继续向设计纵深进发。

注浆：

(1) 准备工作

①检查注浆泵的各项准备工作是否完备，各部位是否正常。

②检查水泥和沙粒的大小，比重，湿度等是否达标。

(2) 锚管、浆管、泵的接缝要快，接缝要快。

(3) 开泵注浆，全程要不停地连续灌注，一定要一次灌注完毕。当浆液从孔口帽边缘流出或压力向设计值表达时，就可以停止抽水了。

(4) 一根锚杆注水完毕后，要迅速将注水软管与锚杆的接缝卸下，对另一根锚杆进行清洗和安装，再进行注水。若停泵时间较长，前一段不均匀的浆液要放掉，免堵孔后再对下根锚相注浆。

(5) 快速接头在注浆过程中应及时进行清洗，以确保注浆过程的连贯性。整支注浆完毕后，要及时对泵进行清洗和保养。

3.2 地表注浆

(1) 注浆深度：隧道衬砌范围内自地表至衬砌轮廓上50cm，隧道衬砌外自地表至基岩下2m。采用潜孔钻进行钻孔，钻孔直径130mm，钻孔深度根据入岩深度确定，根据设计平均深度范围为12.34m-19m。在现场施工时，严格根据打孔围岩条件，确定了入岩深度。

(2) 注浆加固方式：采用89*6mm钢花管，高压注浆泵采用压入式水泥水玻璃双浆液，除钢管顶面50cm不打孔外，其余钢管件在钢管环上沿轮距8cm旋转45°下钻直径1cm的注浆孔，钢管之间用丝扣连接，使注浆孔沿钢管成螺旋形，采用注浆加固方式。

(3) 注浆参数：注浆孔径130mm，初始注浆压力0.5-1MPa，终止压力2-2.5MPa，水泥浆水灰比1:1，水泥标号42.5，水玻璃波美度30，模数2.4，水泥浆与水玻璃体积比1:0.5、布置注浆孔距1.5m(纵)*1.5m(横)梅花桩。施工时，在注浆压力达到2.5MPa的情况下，继续注浆20cm，每孔注浆达到设计注浆量即可结束注浆。

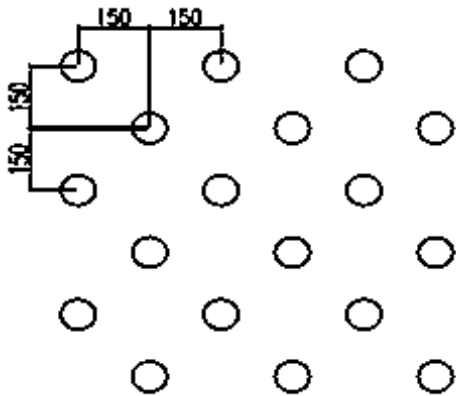


图2 注浆孔排布示意图

3.3 洞身开挖施工方法

在完成施工放样、超前支护、确保开挖前各项准备工作完成后，按照新奥法“短进尺、强支护、快封闭、测勤务”的基本原则，就可以进行洞身开挖施工了。首先进行超前支护，然后根据围岩等级的不同，在紧跟初期支护的同时，对填筑部分的基础标高进行适时调整，根据监测量计的数值，根据不同开挖洞体的土石方，提高洞室周边岩块的安全性和基础结构的稳定性，同时根据不同开挖洞体的土石方，及时调整施工方法和支护系数。

4. 隧道浅埋段施工注意事项

4.1 施工前注意事项

在工程施工前，必须要对施工现场的详细施工情况进行全面的了解和掌握，同时对隧洞现场的基本地质、周围自然环境、围岩特点、浅埋土层及地下水深度等具体情况，通过现场勘察等手段进行全面的掌握，这样才能保证合理的施工设计方案。

4.2 施工过程中注意事项

(1) 弱围岩在进行超前支护工作时，必须根据隧道上段的穿越长度、现场地质情况和覆土等具体施工情况，确定锚杆长度和直径，以保证隧道施工安全，有完善的超前支护措施；压水试验必须在注浆前进行，同时检查所用机械设备，以保证其可靠性能，压水试验必须在注浆前进行。

(2) 施工中，每一钻机必须间隔一定的距离，否则就极易造成掌子面塌滑，从而大量注水于岩体内。

(3) 钻探过程中，最重要的是要保证锚相的畅通和钻头水孔的通畅。注意钻孔出水情况，如有堵孔现象，应将锚杆向后移约50cm，反复扫荡，使孔洞保持畅通，直到设计进尺深度后再缓慢进尺，这样才能将锚杆向后移

(4) 严格按配合比配制水泥-水玻璃双液浆，随配随用，以免时间过长，使泵内、管内出现浆液凝结现象，造成泵内、管内无法产生粘合作用。

(5) 止浆塞距离洞口应不小于30cm，以保证压浆效果，并在注浆造成的排气结束后，将止浆塞以外的钻孔用锚固剂封闭，确保注浆压力达到1.0MPa。当每孔注浆终压达到1.0MPa，注浆量达到设计量的95%以上时，注浆即可结束。可根据现场注浆效果适当调整水灰比及水泥、水玻璃、缓凝剂的掺量。

5. 结论

在隧道浅埋段施工过程中，隧道的支护非常关键，特别是IV、V级等围岩，稳定性差，极易发生塌方，所以在施工过程中，要重点加强隧道的围岩支护，避免塌方现象的发生，还要加强对施工现场的管理，以保证工程的质量。

参考文献

- [1] 《公路工程技术标准》(JTGB01-2014)。
- [2] 《公路隧道施工技术规范》(JTGT3660-2020)。
- [3] 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程施工技术规范》(GB50086-2015)。